

Estudios de biodeterioro en acervo documental

GUIAMET Patricia^{1,2,3}, LAVIN Paola^{1,2,4}, BATTISTONI Patricia^{1,2}, BORREGO Sofía⁵, GÓMEZ de SARAIVA Sandra^{1,6,7}

¹Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, CCT La Plata-CONICET. C.C. 16, Suc.4 (1900), La Plata. Tel: 54-221-4257430, Fax: 54-221-4254642 pguiamet@inifta.unlp.edu.ar; ²CONICET; ³Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP; ⁴Facultad Ciencias Exactas, UNLP; ⁵Laboratorio de Conservación Preventiva. Archivo Nacional de la República de Cuba. Compostela 906 esquina San Isidro, CP 10100, La Habana Vieja, Ciudad de la Habana, Cuba. Teléfono: (537) 862 9436. E-mail: sofia@arnac.cu; ⁶CICBA; ⁷Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP.

El acervo documental, considerado de interés nacional, custodiado en archivos o museos, está expuesto permanentemente a sufrir alteraciones físicas, químicas y/o biológicas. El deterioro biológico “BIODETERIORO”, causado por microorganismos (bacterias y hongos) ocasiona cambios no deseados en las propiedades de los materiales. Los microorganismos afectan distintos sustratos orgánicos, naturales o sintéticos (celulosa, policarbonatos), metales y componentes de soportes ópticos y magnéticos (CD, VHS). Utilizan el papel compuesto de fibras vegetales, aditivos funcionales (encolantes, carga, abrillantadores ópticos, agentes consolidantes) y tintas con aglutinantes orgánicos, como fuente nutricional. Tradicionalmente se han utilizado sustancias químicas para la prevención rutinaria del biodeterioro de materiales almacenados en archivos y como respuesta a la infestación observada. Sin embargo, no siempre estas sustancias lo previenen y su aplicación no corrige el daño ya ocasionado. En la actualidad los químicos son cada vez menos usados por el riesgo que estos representan sobre la salud del personal que los aplica, el material y porque pueden contaminar el medioambiente. Los extractos aislados de plantas, son desde la antigüedad, empleados como antimicrobianos en diferentes industrias (farmacéutica, cosmetológica, alimentaria, médica) y en la actualidad están siendo utilizados en el control de los microorganismos que intervienen en los procesos de biodeterioro. En este trabajo se presentan los estudios que se llevan a cabo en el Laboratorio de Biodeterioro de Materiales de INIFTA, sobre la contaminación microbiana del ambiente y el biodeterioro de materiales almacenados en diferentes archivos: Archivo Histórico del Museo de La Plata; Archivo Histórico y Cartográfico de Geodesia del Ministerio de

Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires y Archivo del Colegio de Escribanos de la Provincia de Buenos Aires; Archivo Nacional de La Habana, Cuba.

Introducción

En los ambientes exteriores e interiores se encuentran un gran número de partículas de diferente origen, forma y tamaño suspendidas en el aire, ellas constituyen el aerosol atmosférico. Se pueden clasificar de diferentes formas, teniendo en cuenta el origen (biológico, orgánico, inorgánico), la localización (marina, continental, rural, industrial, urbana) y el efecto que pueden causar sobre las superficies en que se depositan (químico, tóxico, patogénico, degradativo) (Mandrioli, 2002). Entre las partículas de origen biológico se encuentran bacterias, esporas fúngicas, algas, virus, protozoos, granos de polen, etc.

El biodeterioro puede definirse como un cambio en las propiedades de un material a causa de la actividad vital de los organismos (Hueck, 1965). Un amplio rango de materiales pueden ser afectados y entre ellos se encuentran metales, pinturas, papel, cartón, rocas, fotografías, textiles, cuero, plásticos, etc. Estos soportes en dependencia de las condiciones microclimáticas (temperatura y humedad relativa) pueden sufrir daño físico, químico y estético causado por insectos, algas, líquenes, hongos y bacterias, debido a que los soportes poseen sustancias nutritivas que facilitan el desarrollo de estos organismos (Villalba *et al.*, 2004; Borrego *et al.*, 2005).

Muchas de las bacterias que están presentes en estos soportes, y en particular en materiales de archivos, crecen empleando concentraciones muy bajas de nutrientes y permiten el desarrollo posterior de otros microorganismos, (Koestler *et al.*, 1988).

Los problemas de biodeterioro alcanzan gran importancia económica y social cuando los sustratos colonizados pertenecen al patrimonio cultural (Guimet *et al.*, 2006).

Los objetivos de este estudio fueron determinar los niveles de contaminación microbiana en el aire del Archivo Histórico del Museo de la Plata (AHMP), Archivo de Geodesia y Archivo del Colegio de Escribanos, La Plata, Argentina y de dos depósitos del Archivo Nacional de La Habana Cuba (ARNAC) (Fototeca y Mapoteca) y determinar los niveles de contaminación microbiana sobre documentos conservados en estos archivos.

Materiales y Métodos

Los estudios microbiológicos se realizaron en el AHMP, Archivo de Geodesia y Archivo del Colegio de Escribanos, La Plata, Argentina; y en dos depósitos (Fototeca y Mapoteca) del ARNAC, La Habana, Cuba. Los parámetros fisicoquímicos medidos en estos lugares fueron: AHMP, temperatura 23,8 °C, HR 59%, iluminación por luz indirecta (área protegida). Archivo de Geodesia: temperatura 20 °C, HR 46%. Archivo del Colegio de Escribanos: temperatura 25 °C, HR 60%. ARNAC, Mapoteca:

temperatura 24 °C, humedad relativa (HR) 52%. Fototeca: temperatura 27 °C, HR 70%;

En el AHMP, Archivo de Geodesia (Figura 1a) y Archivo del Colegio de Escribanos se colocaron placas de Petri abiertas a 2 m aproximadamente del piso durante 30 minutos en cinco puntos diferentes. Las mismas contenían diferentes medios de cultivo para bacterias, para mohos y levaduras. Luego las placas para bacterias se incubaron a 28 °C durante 72 h y las de hongos y levaduras se incubaron a 22 °C durante 7 días (Figura 1b).

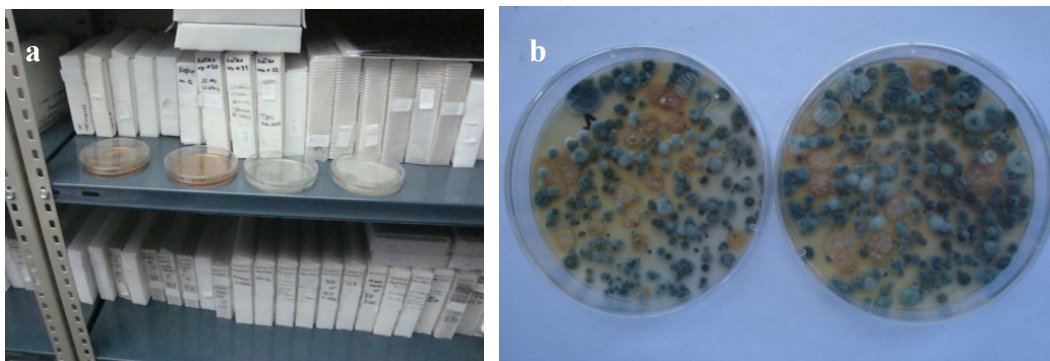


Figura 1. a) Muestreo ambiental; **b)** Crecimiento fúngico luego de 7 días

En los depósitos del ARNAC, se expusieron placas de Petri con diferentes medios para bacterias y hongos abiertas a 3 m aproximadamente del piso durante 5 minutos en cinco puntos diferentes para la Mapoteca y en dos puntos para la Fototeca. Las placas de bacterias se incubaron a 30°C por 72 h y las de hongos a 25 °C durante 7 días. Una vez incubadas las placas, se realizaron los recuentos de colonias fúngicas y bacterianas y se determinaron las unidades formadoras de colonia por m³ de aire (UFC/m³), teniendo en cuenta la ecuación descripta por Omeliansky (Análisis Ambiental, 1987; Borrego *et al.*, 2010 a; Borrego *et al.*, 2010 b)

Se analizaron tres fotos del AHMP, dos en papel (F1 y F2) y una diapositiva en cristal (F3); dos protocolos del Archivo del Colegio de Escribanos (P1a, P1b y P2); un libro (L1) y un mapa (M3) del Archivo de Geodesia; 2 mapas del ARNAC, uno en papel (M1) y otro en seda (M2), y dos fotos, una en seda (F3A) y una en papel (F4). La toma de muestras se realizó con la técnica del hisopado en forma aséptica (Rempel, 1987; Guimet *et al.*, 2008).

Las muestras provenientes de los diferentes materiales se sembraron en medios de cultivos adecuados y se incubaron a 28 °C durante 72 h para bacterias y a 22 °C durante 5 días para hongos y levaduras al cabo de las cuales se realizó el recuento en placa de las colonias (Madigan *et al.*, 2008). La identificación taxonómica de las cepas se realizó utilizando los manuales de Barnett y Hunter, 1987. Para la identificación de

bacterias se realizaron pruebas bioquímicas descritas en el Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (Sneath *et al.*, 2000).

Resultados

Recuentos microbianos en muestreos ambientales

a. AHMP. Tanto los recuentos fúngicos como bacterianos (Tabla 1) fueron bajos y oscilaron entre 60 UFC/m³ y 200 UFC/m³. Se considera ambiente no contaminado.

b. Archivo de Geodesia. Los recuentos fúngicos y bacterianos (Tabla 2) fueron bajos y oscilaron entre 640 UFC/m³ y 2720 UFC/m³. Se considera que el ambiente esta altamente contaminado.

c. Archivo del Colegio de Escribanos. En la tabla 3 se observan los valores obtenidos para este archivo. En este archivo se obtuvieron los mayores recuentos de microorganismos, con valores que alcanzaron el orden de 10⁴ UFC/m³. Se considera que el ambiente esta altamente contaminado.

d. ARNAC. En la tabla 4 se pueden observar los recuentos fúngicos y bacterianos obtenidas en los depósitos estudiados, donde los valores medios para la Mapoteca fueron de 78 UFC/m³ y 638,6 UFC/m³ respectivamente, en tanto que para la Fototeca, fueron muy superiores (260,7 UFC/m³ y 2148,7 UFC/m³, respectivamente).

En los dos depósitos estudiados los recuentos fúngicos obtenidos permiten clasificar los ambientes como no contaminados, mientras que para las bacterias los recuentos son mayores de 1500 UFC/m³ por lo que los ambientes se clasifican como altamente contaminados según Omeliansky.

Tabla 1. Concentración microbiana del aire en el Archivo Histórico del Museo de la Plata.

Concentración	Hongos (UFC/m ³)	Bacterias (UFC/m ³)
Máxima	200	200
Mínima	0	0
Media	80	60
Microorganismos Totales	140	

Tabla 2. Concentración microbiana del aire en el Archivo de Geodesia.

Concentración	Hongos (UFC/m ³)	Bacterias (UFC/m ³)
Máxima	2160	2720
Mínima	640	480
Media	1271	1422
Microorganismos Totales	2693	

Tabla 3. Concentración microbiana del aire en el Archivo del Colegio de Escribanos.

Concentración	Hongos (UFC/m ³)	Bacterias (UFC/m ³)
Máxima	25000	13400
Mínima	80	0
Media	7667	6827
Microorganismos Totales		144×10^2

Tabla 4. Concentración microbiana del aire en la Fototeca y la Mapoteca en el Archivo Nacional de la República de Cuba.

Depósito	Concentración	Hongos (UFC/m ³)	Bacterias (UFC/m ³)
Mapoteca	Máxima	126,0	1827,0
	Mínima	63,0	126,0
	Media	78,0	638,6
Fototeca	Máxima	400,0	2533,0
	Mínima	120,0	1900,0
	Media	260,7	2148,7

Niveles de adherencia microbiana detectados en mapas y fotografías.

Los resultados de los recuentos obtenidos a partir de los documentos seleccionados se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Niveles de adherencia microbiana en documentos.

TIPO DE DOCUMENTO	UBICACIÓN	BACTERIAS (UFC/cm ²)	HONGOS (UFC/cm ²)
Mapa 1 (M1)	Mapoteca (ARNAC)	3.5×10^4	2.2×10^4
Mapa 2 (M2)	Mapoteca (ARNAC)	7.1×10^5	2.0×10^2
Fotografía 1 (F1)	AHMP	2.2×10^3	1.0×10^2
Fotografía 2 (F2)	AHMP	3.7×10^4	-
Fotografía 3 (F3)	AHMP	3.0×10^4	1.0×10^3
Fotografía 3ª (F3A)	Fototeca (ARNAC)	1.2×10^5	1.5×10^2
Fotografía 4 (F4)	Fototeca (ARNAC)	3.9×10^4	2.8×10^4
Protocolo 1 a (P1a)	Archivo Escribanos	$1,3 \times 10^3$	$1,4 \times 10^3$
Protocolo 1 b (P1b)	Archivo Escribanos	4×10^2	5×10^2
Protocolo 2 (P2)	Archivo Escribanos	$1,14 \times 10^6$	2×10^4
Libro 1 (L1)	Archivo Geodesia	2	1
Mapa 3 (M3)	Archivo Geodesia	20	3

Discusión

Cuando se comparan los ambientes de los archivos, se puede apreciar que el AHMP es el único archivo no contaminado. En los demás archivos los recuentos son significativamente mayores (Tablas 1 a 3). Esto podría deberse a la ubicación que presentan cada uno de estos archivos y a las condiciones de mantenimiento existentes en cada uno. El AHMP se encuentra en una zona alejada del centro y con escasa contaminación. Los Archivos de Geodesia y del Colegio de Escribanos están ubicados en una zona céntrica de la ciudad de La Plata, de gran polución, en tanto que el ARNAC se encuentra ubicado en una zona portuaria, cerca de fábricas y de una avenida transitada por una gran cantidad de vehículos.

Aspergillus resultó el género fúngico que predominó en el aire de la Fototeca del ARNAC (41.3%) y en el Archivo de Geodesia (60%) en tanto que *Penicillium* predominó en el aire del AHMP (100%) y de la Mapoteca (40%). En el Archivo del Colegio de Escribanos ambos géneros estuvieron representados en iguales proporciones (aprox. un 30%). El género *Aspergillus* es uno de los de mayor interés clínico pues posee especies que son capaces de provocar una gran cantidad de afecciones tales como alergias, sinusitis, otitis, keratitis, etc. (Gost *et al.*, 2003). Otros géneros comúnmente aislados fueron *Scopulariopsis* sp., *Fusarium* sp., *Alternaria* sp. y *Cladosporium* sp.

Con relación a las bacterias ambientales (cocos y bacilos) se observó un predominio de las Gram positivas (AHMP: 100%, Archivo de Geodesia: 90%, Archivo del Colegio de Escribanos: 95%, Fototeca ARNAC: 92%). Sólo en la Mapoteca predominaron las bacterias Gram negativas (77%).

Entre los géneros aislados se encuentran *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp., *Bacillus* sp., y *Streptomyces* sp. y *Serratia* sp., *Serratia marcescens* y *Enterobacter agglomerans* (Gram negativas).

En los archivos y en los depósitos del ARNAC se destaca además, un 1% a 8% de cepas de *Streptomyces* sp., género que se considera desde 1988 uno de los más importantes con relación a los riegos laborales (Reponen *et al.*, 2001; Hirvonen *et al.*, 2002). Asimismo, los niveles de bacterias Gram negativas detectadas fue mucho menor en la mayoría de los depósitos, a excepción de la Mapoteca que presentó un total del 77 % de este tipo de bacterias.

Los géneros *Bacillus*, *Serratia*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, y *Streptomyces* han sido aislados por otros autores en ambientes de archivos (Valentín *et al.*, 1997). El género *Enterobacter* no ha sido reportado hasta el momento en este tipo de ambiente

y puede constituir un riesgo significativo para la salud (Yang, 2004; Air Quality Sciences, 2007).

Con relación a los aislamientos microbianos de fotografías y mapas (Tabla 5) se pudo observar que fue posible aislar bacterias y hongos viables de la superficie de estos documentos.

Prevalecieron las bacterias Gram positivas. *Bacillus* sp. es una bacteria que puede degradar un amplio rango de sustratos dado a sus características fisiológicas (Claus y Berkeley, 1986) y la mayoría de las especies producen endosporas que son altamente resistentes a condiciones ambientales extremas, a los antibióticos, desinfectantes y otras sustancias químicas, por lo que además son fáciles de diseminar.

En relación a los hongos aislados de documentos se pudo detectar que el género *Aspergillus* fue el de mayor predominio. Se aislaron también *Penicillium* sp. de F3 y F4, Micelia sterilia de F3, *Fusarium* sp. y *Scopulariopsis* sp. de L1 y *Alternaria* sp. de M3 y *Talaromyces helicus* Benjamín var. major (teleomorfismo de *Penicillium*) sólo de M2. Con relación a las formas teleomórficas de los hongos se ha podido evidenciar que son difíciles de aislar de la superficie de objetos de arte y documentos (Florian, 2002), lo cual resulta un hallazgo novedoso en este trabajo.

Conclusiones

- Los recuentos de bacterias en el aire en los dos depósitos del Archivo Nacional de la República de Cuba, fueron superiores a los de hongos, al igual que para el Archivo de Geodesia. En el AHMP y el Archivo del Colegio de Escribanos los recuentos fúngicos fueron superiores.
- En el aire del Archivo Histórico del Museo de la Plata predominó el género fúngico *Penicillium*. En los Archivos de Geodesia hubo predominio de *Aspergillus* sp. y en el Archivo del Colegio de Escribanos ambos géneros estuvieron representados en igual proporción. En el ARNAC existieron diferencias entre los depósitos estudiados, ya que predominó *Penicillium* sp. en la Mapoteca y *Aspergillus* sp. en la Fototeca.
- Algunas de las cepas aisladas en estos muestreos (*Fusarium* sp. y *Scopulariopsis* sp., *Talaromyces helicus*) poseen capacidad celulolítica, constituyendo una amenaza para los documentos.
- Dentro de las bacterias del aire, el predominio correspondió a las Gram positivas.
- La presencia de *Staphylococcus* sp., *Bacillus* sp., *Streptomyces* sp. y de diversos hongos identificados estaría indicando que los ambientes presentan condiciones higiénicas insalubres.

Agradecimientos. Los autores agradecen a la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) Proyecto de Incentivos 11N 578, a la Comisión de Investigaciones Científicas

de la Provincia de Buenos Aires (CIC-1119/09) al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y técnicas (CONICET), al Proyecto de Colaboración Científica MINCyT/CITMA (Argentina-Cuba) Cu/09/09.

Bibliografía.

- Air Quality Sciences. Preocupación de los agentes biológicos en ambientes interiores. 2007. <http://www.aerías.org/DesktopDefault.aspx?tabindex=4&tabid=66> (Consultado 03/09/2010)
- Análisis Ambiental. Método de Omeliansky. Análisis higiénico sanitario y ambiental. Métodos de ensayos microbiológicos. Norma Ramal de la Pesca NRP-201. Ciudad de La Habana. Ministerio de la Industria Pesquera 1987; 7 pps.
- Barnett H., Hunter B. Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd Edition, Burgess Publishing Co. Minneapolis. 1987.
- Borrego S, Pons V, Perdomo I. La influencia de la contaminación microbiana ambiental en el biodeterioro y la salud del personal. Las Bibliotecas y el Libro en el Siglo XXI. I Evento Científico-Técnico. 2005. La Habana, Cuba.
- Borrego S, Guiamet P, Gómez de Saravia S, Battistoni P, García M, Lavin P, Perdomo I. The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs. International Biodeterioration & Biodegradation 2010 a; 64:139-145.
- Borrego S, de la Paz J, Perdomo I, Gómez de Saravia S, Guiamet P. Control microbiológico del aire y de materiales almacenados en el Archivo Histórico del Museo de la Plata, Argentina y en el Archivo Nacional de la República de Cuba. Revista del Museo de La Plata 2010 b; (en prensa).
- Claus D, Berkeley R. The genus *Bacillus*. En: Sneath, P.H.A., Sharpe, M.E., & Holt, J.G., (eds), Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, 2000, Vol. 2, pp. 1105–1139. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Florian M.. The four components of biodetroration and of preservation of our collective memory. International Symposium a Choice and Strategies for Preservation of a Collective Memory, 2002, Dobbiaco, Toblach, Italy.
- Gost J, Bermejo B, Rivero M, Espatolero M, Polo I, Sínz de la Murieta J. Vigilancia y control de las infecciones originadas por gérmenes oportunistas: aspergilosis. *ANALES* 2003; 23:185-192.
- Guiamet P, Gómez de Saravia S, Arenas P, Pérez M, de la Paz J, Borrego S. Natural products isolated from plant used in biodeterioration control. *Pharmacologyonline* 2006; 3:537-544.

- Guamet P S, Lavin P, Battistoni P A, Gómez de Saravia, S G. Different techniques applied to the study of biodeterioration of documentary heritage: paper, VHS magnetic tape and compact discs. 14th Internacional Biodeterioration & Biodegradation Symposium, 2008; p. 64.
- Hirvonen M, Huttunen K, Jussila J, Murtoniemi T, Iivanainen E, Komulainen H, *et al.* 3B1o5 Bacterial strains from moldy building are highly potent inducers of inflammatory and cytotoxic effects. *Indoor Air*, 2002, Abstracts by Hal Levin (ed.).
- Hueck H. The biodeterioration of materials as a part of hydrobiology. *Mater Organismen* 1965; 1: 5-34.
- Koestler R, Santoro E, Druzik J, Preusser F, Koepp L, Derrick M. Ongoing studies of the susceptibility to biodeterioration of stone consolidated to microbiologically induced corrosion. En: Houghton D, Smith R, Eggins H. (eds.). *Biodeterioration* 7. Elsevier Sc., 1988, London, UK, 441 pp.
- Madigan M, Martinko J, Dunlap P y Clarck D. Brock. *Biology of microorganisms*. 12^a ed. Benjamin Cumming, 2008. 1168 pp.
- Mandrioli P. Bioaerosol and Biodeterioration. *Science and Technology for Sustainable Protection of Cultural Heritage. Technical Notes for Session 78*. UCL Center for Sustainable Heritage, 2002, London, UK.
- Rempel S. *The care of photographs*. 1^o Edition, Editorial Nick Lyon Books, 1987, New York, USA. 117 pps.
- Reponen M, Toivola M, Meklin T, Ruotsalainen M, Komulainen H, Nevalainen A, Hirvonen M. Differences in inflammatory responses and cytotoxicity in RAW264.7 macrophages induced by *Streptomyces anulatus* grown on different building materials. *Indoor Air* 2001; 11:179-84.
- Sneath P, Mair N, Sharpe M, Holt J. (eds). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Vol. 2, Editorial Williams & Wilkins, 2000, Baltimore, London.
- Valentín N, Vaillant M, Guerrero H. 1997. Programa de control integrado de plagas en bienes culturales de países de clima mediterráneo y tropical. *Apoyo* 7:13-15.
- Villalba L, Mikan J, Sanchez J. Actividades hidrolíticas y caracterización isoenzimática de poblaciones microbianas aisladas del patrimonio documental del Archivo General de Colombia. *NOVA* 2004; 2:50-58.
- Yang C. Endotoxins. Aerotech P & K (Aerotech Laboratorios, Inc. and P & K Microbiology Services, Inc.) 2004, Versión 2003-1.